УДК 552.578.2.42.553.982(571.16)

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПЛАСТА $Ю_1^3$ ЗАПАДНО-МОИСЕЕВСКОГО УЧАСТКА ДВУРЕЧЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Е.Д. Полумогина, А.В. Ежова, Н.М. Недоливко, Т.Г. Перевертайло, В.А. Резниченко

Томский политехнический университет
E-mail: Ezovaav@ngf.tomsk.ru

Проведен детальный литолого-петрографический анализ продуктивного песчаного пласта $Ю_1^3$. Изучен гранулометрический, минералогический состав, состав цемента, характер межзерновых контактов и строение пустотного пространства. Выявлена положительная корреляционная зависимость между фильтрационно-емкостными свойствами пород, максимальным и медианным размерами зерен, наличием раскристаллизованного каолинитового цемента, отсортированностью обломочного материала; отрицательная – между количеством обломков пород, наличием гидрослюдисто-глинистого и карбонатного цемента и коллекторскими свойствами пород.

Целью исследований является выявление особенностей строения и закономерностей формирования ФЕС коллекторов пласта $Ю_1^3$ на Западно-Моисеевской площади. Фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) пород определяются условиями седиментации и последующими их изменениями в процессе литогенеза. Как известно, именно седиментационные факторы (размеры зерен, их сортировка, минералогический состав осадков) формируют структуру пустотного пространства в породе. Последующие преобразования (уплотнение пород в диагенезе и катагенезе, растворение и вторичная минерализация) ведут к изменению первичного порового пространства и, в конечном итоге, формируют коллекторские свойства пород.

Район работ в административном отношении расположен на юго-западе Каргасокского района Томской области, в тектоническом – в южной части Каймысовского свода.

На Западно-Моисеевском участке Двуреченского нефтяного месторождения пробурено 7 разведочных скважин: 20Р, 21Р, 22Р, 24Р, 25Р, 30Р, 31Р. В результате детального литолого-петрографического анализа пород в шлифах, изготовленных из образцов, в которых определялись коллекторские свойства, были получены количественные характеристики гранулометрии, минералогии, цемента, вторичных процессов и пустотного пространства. Микроскопический анализ пород проводился интеграционным способом по методике О.А. Черникова [1]. Петрографические особенности, структуры пород и характер вторичных преобразований определялись по методикам, изложенным в специальной литературе [2, 3].

Анализ верхнеюрского разреза (макроскопическое описание керна, промыслово-геофизическая характеристика, корреляция, сопоставление с соседними площадями – Лесмуровской, Двурече-

нской, Двуреченско-Мелимовской) показал, что пласт $Ю_1^3$ является частью осадочной регрессивной серии. Регрессивная направленность осадконакопления отчетливо прослеживается в разрезах всех скважин. Она проявляется в закономерном и постепенном увеличении содержания песчаной фракции, размерности зерен и, как следствие, улучшении коллекторских свойств от подошвы к кровле пласта. В целом пласт $Ю_1^3$ представлен алевритопесчаным материалом, но по литологическому составу, гранулометрии, особенностям емкостно-фильтрационных свойств, а также согласно промыслово-геофизическим данным и проведенным литолого-петрографическим исследованиям, он делится на две пачки: верхнюю – преимущественно песчаную и нижнюю – алеврито-песчаную.

Гранулометрическая характеристика верхней части разреза отличается повышенными значениями медианных (*Md*) и максимальных размеров (*C*) зерен, а также повышенным содержанием песчаной фракции по сравнению с ее нижней частью. Обломочный материал здесь, в основном, хорошо окатан и отсортирован, а значения коэффициента сортировки (*So*) изменяются в относительно узких пределах (от 1,71 до 3,5).

В нижней части разреза сортировка зерен самая разнообразная: наряду с относительно крупными зернами присутствуют очень мелкие, коэффициент сортировки варьирует от 2 до 27.

Минералогический состав обломочной части песчаников также отчетливо различен для верхней и нижней частей. В общем случае состав пород полимиктовый: полевошпато-кварцевый граувакковый. Доминирующем минералом в породах пласта является *кварц*. Его содержание в верхней части разреза составляет 47...55 % (в скважине 31Р – 58...65 %), а в нижней части – уменьшается до 40...33 % обломочной части. Наиболее часто кварц встречается в виде прозрачных зерен с прямым погасанием, в нем отмечаются включения хлорита, прожилки слюд, акцессорные минералы. Иногда кварцевые зерна трещиноваты, а трещинки в них заполнены микрозернистым кремнистым агрегатом в ассоциации с серицитом. Во всех шлифах встречается халцедоновидный кварц, имеющий розоватую окраску в проходящем свете. В количестве 3...5 % обломочной части (а в скважине 31Р до 35 %) присутствует регенерационный кварц (нарастание на зернах кварца новообразований этого же состава).

Полевые шпаты также распространены по пласту неравномерно: содержание их в верхах разреза большинства скважин составляет 16...19 %, а в нижней части до 18...25 % (в скважине 31Р – 9...14 %), представлены калиевыми разностями (ортоклазом и микроклином) и плагиоклазами (олигоклазом и альбитом). Зерна полевых шпатов имеют прямоугольную и таблитчатую форму. Часто они подвержены вторичным изменениям: трещиноватости, коррозии, пелитизации, серицитизации, ожелезнению, сидеритизации. В плагиоклазах хорошо видны цепочки серицитовых чешуек и мелких кристаллов пирита по двойниковым швам и по периферии зерен. По степени вторичных преобразований преобладают интенсивно измененные разности, а средне и слабо измененные встречаются значительно реже.

Среди *обломков пород*, содержание которых составляет 23...40 % преобладают кремнистые агрегаты. Это радиоляриты (агрегаты округлых образований с радиальной структурой), спонголиты (скопления спикул губок длиной 0,08 и диаметром 0,006 мм в микрозернистом кремнеземе), кварциты с кристаллобластовой структурой, микрокварциты с гранобластовой структурой, рассланцованные кварциты.

Содержание глинистых и слюдистых обломков заметно меньше в верхней части пласта, чем в нижней. Обломки, отнесенные к глинистым породам, темно-серые, почти черные, слабо просвечивают, в них иногда видны тонкие чешуйки серицита. Призматическая форма большинства глинистых обломков позволяет предполагать, что они образовались за счет пелитизации полевых шпатов. В проходящем свете видно, что многие обломки покрыты буроватым и сероватым налетом окислов железа и глинистого вещества.

Слюдистые обломки представляют собой гидрослюдисто-серицитовый агрегат, имеют прямоугольную форму, слабый зеленоватый цвет за счет хлоритизации и желтоватый – за счет ожелезнения. При этом чешуйки серицита ориентированы в одном направлении.

Обломки эффузивных пород представлены кислыми и основными разностями. Практически все они имеют порфировую структуру. В кислых эффузивах в качестве вкрапленников отмечается кварц, плагиоклазы, частично или полностью замещенные серицитом, а основная масса сложена в разной степени раскристаллизованным вулканическим стеклом.

Основные эффузивы имеют слабо зеленоватую окраску, состоят из лейст и табличек плагиоклазов, погруженных в микрозернистую и волокнистую слюдистую хлоритизированную массу.

Гранитоиды представлены обломками с гранит-порфировой структурой, в которых полевые шпаты образуют идиоморфные прямоугольные сечения, а кварцевые зерна выполняют промежутки между ними. Встречаются обломки жильных пород с микрографической структурой – пегматиты. В них зерна полевых шпатов прорастают вростками кварца, которые имеют прямоугольные очертания в виде треугольников, ромбов, трапеций и т.п.

Содержание *слюд* варьирует в широких пределах – от 2 до 10 %. Они встречаются в виде бесцветных удлиненных полосок мусковита и плеохроирующего в зеленовато-бурых тонах биотита. Все слюды интенсивно гидратизированы, расщеплены и представляют собой волокнистые агрегаты, сгруппированные в пучки. В низах разрезов слюды ориентированы в одном направлении и в ассоциации с растительными остатками создают микрослоистость.

Хлорит представлен единичными бледно-зелеными зернами таблитчатой формы с низкими цветами интерференции, реже – ярко-зелеными неправильной формы образованиями с агрегатным погасанием.

В породах встречены *акцессорные минералы* в виде отдельных кристаллов или включений в обломочных зернах. Наибольшим распространением пользуются цирконы в виде дипирамидальных кристаллов и призмочек; встречаются также зерна гранатов, сфена, моноклинных пироксенов, шпинели, турмалина, рудных минералов.

К *аутигенным* относятся многочисленные зерна титанистых (лейкоксена, брукита, анатаза) и железистых (гидроксиды) минералов, а также *пирит*, который присутствует практически во всех шлифах, но в разных количествах. Встречаются как отдельные кристаллы в виде глобулей или квадратов, так и их скопления, а также псевдоморфозы по растительным остаткам и слюдам.

Органические остатки представлены растительным детритом. Это фюзенизированные (черные) и гелефицированные (красные) растительные остатки с сохранившейся структурой клетчатки. Внутренние полости в остатках часто выполнены раскристаллизованным каолинитом, реже – мелкокристаллическим кальцитом; отмечаются псевдоморфозы кальцита и пирита по остаткам флоры.

Характеристика цементирующего материала. Цемент во всех шлифах распространен неравномерно, образуя различные типы цементов: преобладает, как правило, поровый, реже встречается базально-поровый и базальный цемент. В верхней части исследуемого интервала преобладает поровая цементация, сочетающаяся с пленочно-поровым и контактовым типами цементов. Поры выполнены хорошо раскристаллизованным каолинитом, а пленки вокруг зерен сложены гидрослюдами; в нефтенасыщенных песчаниках поровое пространство заполнено нефтяным веществом. В отдельных шлифах наблюдается присутствие рассеянного кальцита, встречается хлорит, представленный мелкими (0,01...0,08 мм) зернами таблитчатой формы; слюдисто-хлоритизированные агрегаты с волокнистой структурой; тонкозернистый пирит. Иногда микроконкреции сидерита в ассоциации со слюдистыми агрегатами и растительными остатками образуют базальный цемент.

В нижней части, в более мелкозернистых песчаниках характер и состав цемента совсем другие. Содержание цементирующего материала увеличивается до 35...55 %. Цементирующая матрица представлена агрегатом из плохо раскристаллизованного каолинита, чешуйчатых и волокнистых слюд, хлорита, тонкой сыпи и скоплений сидерита, лейкоксена, пирита. Составляющие цемент частицы ориентированы послойно. Количество цемента возрастает; поровый характер распределения цементирующего материала, свойственный вышележащим песчаникам, сменяется на базально-поровый и пленочный. Цемент базального типа представлен кальцитом, который корродирует обломочные зерна и образует псевдоморфозы по растительным остаткам. В составе цемента в небольшом количестве присутствует хорошо раскристаллизованный каолинит, мелкие кристаллы пирита, единичные таблички хлорита и углисто-глинистый агрегат. Часто растительная органика, слюдистые агрегаты и микроконкреции сидерита ориентированы послойно, подчеркивая нечеткую микроволнистую слоистость, и запечатывая поры.

Анализ емкостно-фильтрационных свойств пород, характер распределения гранулометрии и состава обломочной части и цементов, основанный на детальном изучении песчаников скважин 25Р, 31Р, а также из сопоставления единичных наблюдений в шлифах пород скважин 21Р и 22Р, позволил на геологическом профиле, построенном по линии скважин 25Р – 24Р – 20Р – 21Р – 22Р (рис. 1) и 31Р – 25Р – 30Р (рис. 2) выделить в кровле пласта зону развития крупно-среднезернистых, хорошо отсортированных, обогащенных кварцем песчаников с преимущественно каолинитовой цементацией и гетерогенным пустотно-поровым пространством. Эта зона может быть распространена и на кровельные участки пласта, вскрытого скважинами 20Р, 30Р и 24Р, керн из которых не изучался. Наибольшая толщина пачки отмечена в скважине 25Р и 31Р, а на юг и восток толщина песчаного пласта с каолинитовым цементом уменьшается.

В нижней части пласта $Ю_1^3$ развиты преимущественно мелкозернистые и алевритовые песчаные породы с цементами сложного состава (из пелитового глинистого нерасчлененного материала, хлорит-слюдистого агрегата, гидрослюд, сидерита и других минералов, находящихся в переменных количествах: пирита, лейкоксена, рассеянного кальцита). Пустотно-поровое пространство представлено существенно остаточными межзерновыми порами. Наиболее широкое развитие описанные породы получили на восточной и южной частях территории.

Характер межзерновых контактов и строение пустотного пространства (размеры, размещение и степень сообщаемости пор) в верхней и нижней частях также довольно дифференцированы в соответствии с изменением гранулометрии обломков, состава, типа, количества и характера распределения цемента. В верхней части преимущественное развитие при бесцементном соединении обломков получили линейные и выпукло-вогнутые контакты, в нижней, благодаря большей дисперсности обломков и повышенному количеству цементов, наряду с широким развитием линейных и выпукло-вогнутых, большое значение приобретают точечные контакты.

Изучение *пустотного пространства* в шлифах из образцов, пропитанных окрашенной смолой под давлением, показало, что характер порового пространства в верхней и нижней частях имеет как

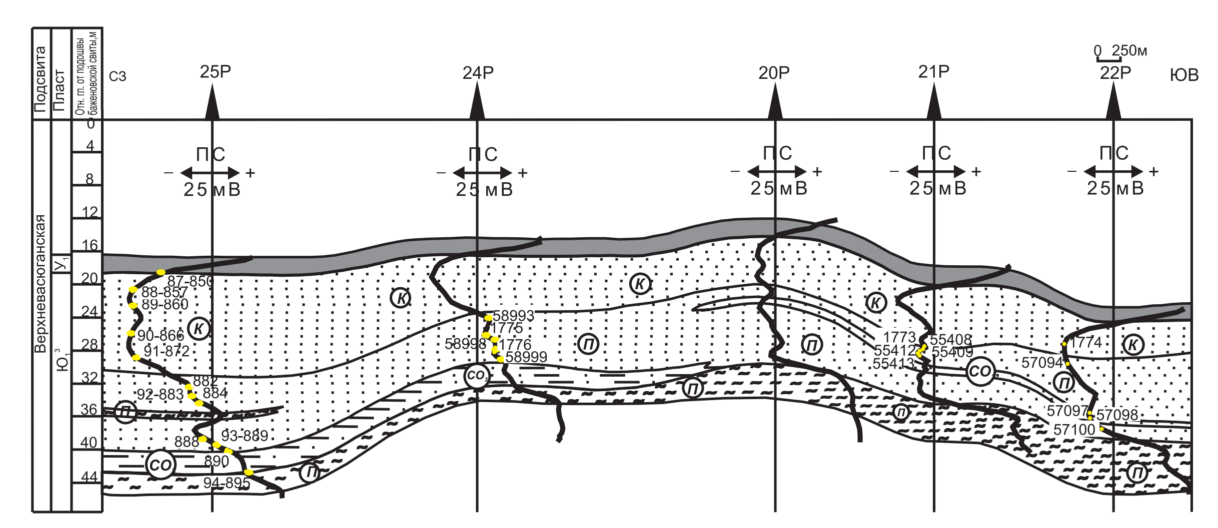


Рис. 1. *Литолого-геофизический профиль по линии скважин 25Р-24Р-20Р-21Р-22Р Западно-Моисеевской площади*

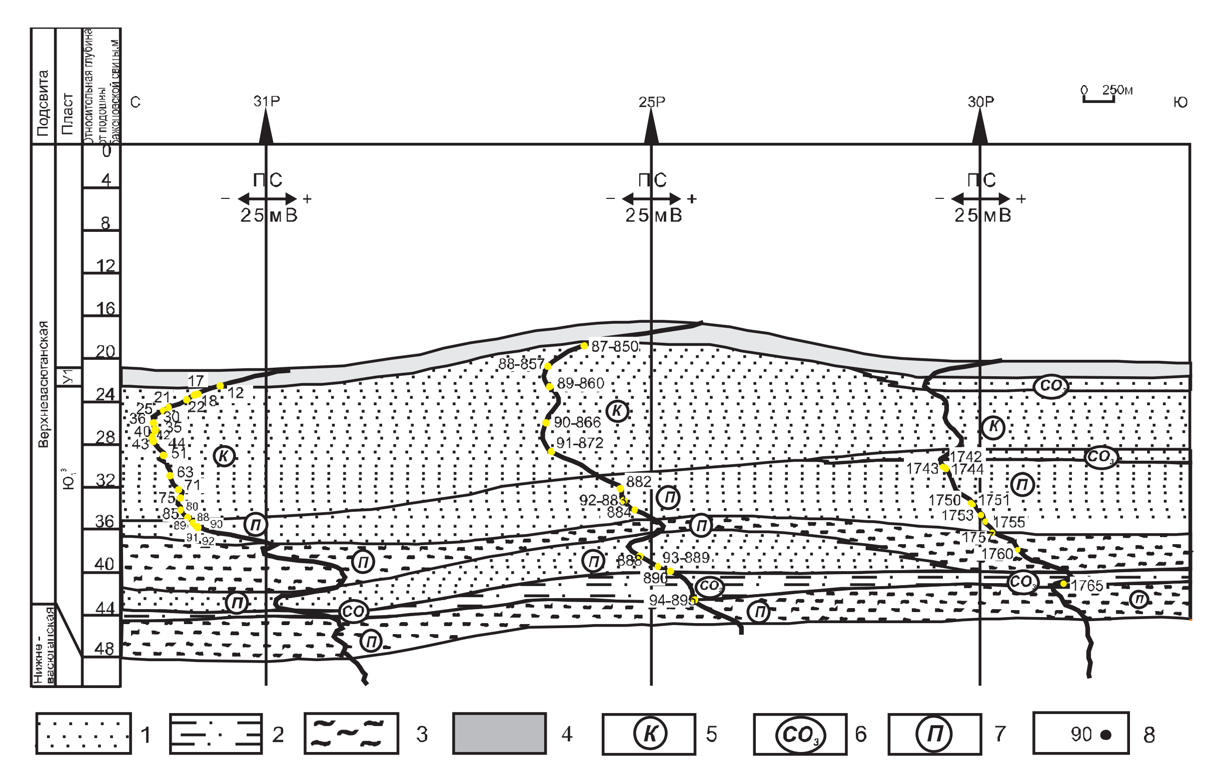


Рис. 2. *Литолого-геофизический профиль по линии скважин 31Р-25Р-30Р Западно-Моисеевской площади: 1) песчаники; 2) алевролиты; 3) переслаивание песчаников, алевролитов и глин; 4) угли; 5) зоны развития каолинитового цемента; 6) зоны развития кальцитового цемента; 7) зоны развития полиминерального цемента (глинисто-хлорит-гидрослюдистого, с сидеритом, пиритом); 8) номер шлифа*

общие черты, так и различия. Повсеместное и преобладающее развитие получили остаточные межзерновые поры. Размеры их по разрезу варьируют в широких пределах: от 0,006 до 0,62 мм. Но в кровельной части сечения пор значительно крупнее (0,05...0,62 мм), а остаточная седиментогенная пористость в большей степени дополняется здесь внутризерновой, связанной с частичным растворением полевых шпатов и агрегатных пород, и микропористостью в виде "сита" с мельчайшими отверстиями, развитой в поровом каолинитовом цементе кристаллической структуры. В песчаниках, отобранных из верхней части разреза коэффициент пористости в шлифах в скважине 25Р достигает 22,4 %, в скважине 22Р – 16,5 %, а в скважине 31Р – 23,5 %, что соответствует аналитическим значениям открытой пористости и проницаемости. В нижней части разреза отмечается уменьшение коэффициентов пористости: в скважине 21Р она составляет 7,5...14 %; в скважине 22Р – 5,8...11,4 %; в скважине 24Р – 3,3...5,8 %; в скважине 25Р – 4,6...6,7 %; в скважине 30Р – 4,4...11,6 %, а в скважине 31Р – 9,2...17,5 %, что также соответствует аналитическим значениям.

Часть пустотного пространства заполнена желтой и бурой нефтью, которая пропитывает глинистый материал цемента и некоторые обломочные зерна, проникая по микропорам, трещинкам и двойниковым швам. Количество нефтяного вещества уменьшается вниз по разрезу: коэффициент нефтенасыщения по шлифам изменяется от 12 до 1,5 %. Цвет нефтяного вещества варьирует от темно-желтого до темно-бурого, почти черного в нижней части пласта. В отдельных участках темно-бурое нефтяное вещество (битум) ассоциирует с пиритом.

Анализ фильтрационно-емкостной характеристики пласта и литолого-петрографического состава пород. Аналитическая емкостно-фильтрационная характеристика пласта $Ю_1^3$ (пористость и проницаемость), замеренная лабораторным методом, хорошо коррелирует с конфигурацией кривой самопроизвольной поляризации (ПС) (рис. 3).

Последняя, в свою очередь, зависит от: гранулометрического и минералогического состава породообразующей части, состава цемента, а также от строения пустотного пространства. Коэффициент

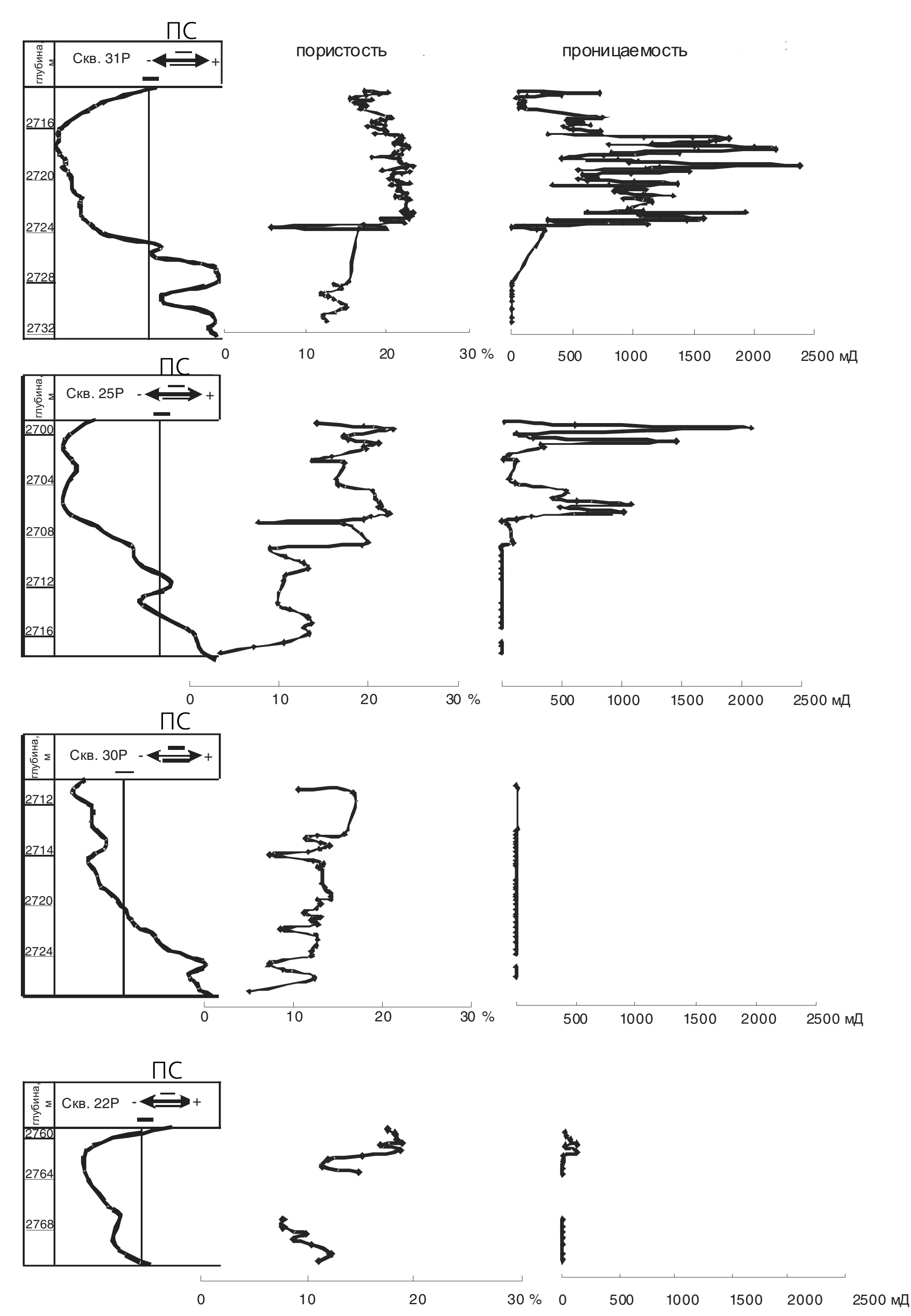


Рис. 3. *Сравнительная характеристика емкостно-фильтрационных свойств пород пласта $Ю_1^3$ Западно-Моисеевской площади*

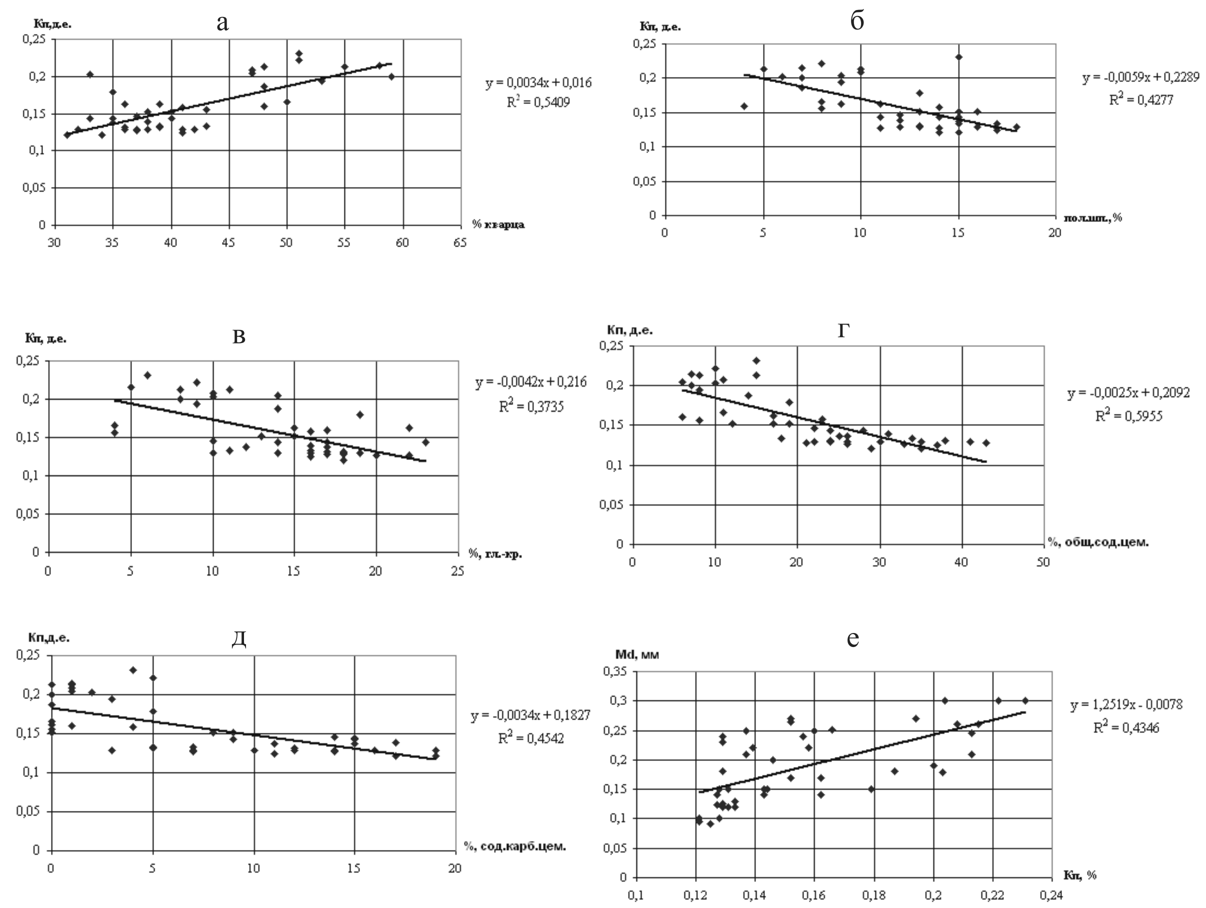


Рис. 4. *Статистические зависимости в коллекторах пласта Ю$_1^3$ Западно-Моисеевской площади: а) пористости от процентного содержания кварца; б) пористости от содержания интенсивно измененных полевых шпатов; в) пористости от содержания глинисто-кремнистых минералов; г) пористости от общего содержания цемента; д) пористости от процентного содержания карбонатного цемента; е) медианного размера от коэффициента пористости коллекторов*

пористости исследуемых отложений коррелирует с основными породообразующими компонентами вещественного состава: наблюдается значительная прямая связь между содержанием кварца и пористостью породы (рис. 4).

Отмечаются отрицательные корреляционные связи между пористостью и содержанием интенсивно измененных полевых шпатов, а также общим содержанием глинистых минералов (рис. 4). Результаты исследования подтверждают, что пористость коллекторов в большей степени зависит от структурных характеристик: от характера распределения зерен по размеру, медианного размера зерна (рис. 4). Общее содержание цемента, его глинистая и карбонатная составляющие отрицательно влияют на коллекторские свойства пород (рис. 4). Коллекторы, сложенные более крупными и однородными по размеру зернами, обладают лучшими ФЕС, характеризуются отсутствием карбонатного и незначительным количеством глинистого материала – до 5 %.

Проведенные исследования показывают, что значения проницаемости резко снижаются с увеличением в их поровом пространстве глинистого и карбонатного материала, присутствие которого отмечается в нижней части пласта.

Выводы

В результате литолого-петрографических исследований, проведенных по скважинам Западно-Моисеевского участка Двуреченского месторождения установлено:

1. По геофизическим данным, литолого-петрографическому составу и коллекторским свойствам пласт Ю$_1^3$ делится на две части.
2. В нижней части, представленной алевролитами и мелкозернистыми песчаниками, плохие коллекторские свойства пород обусловлены: низким гранулометрическим составом; слабой отсортированностью и послойной дифференциацией обломочного материала, наблюдаемой даже в пределах шлифа; высоким содержанием сильно измененных полевых шпатов и пелитового неразделенного глинистого и слюдистого цемента; обилием пелитоморфного сидерита и тонко распыленного пирита, запечатывающих поровое пространство; малыми размерами и плохой сообщаемостью (а зачастую и изолированностью) остаточных седиментогенных пор.
3. В верхней части пласта Ю$_1^3$ по сравнению с нижележащими отложениями увеличиваются размеры

зерен, улучшается их сортировка, возрастает количество кварца в составе обломков, уменьшается содержание цемента и, как следствие этого, происходит улучшение коллекторских свойств пласта. Изменение ФЕС пород в сторону увеличения связано как с общей регрессивной направленностью седиментогенеза, обусловившего увеличение размеров обломков и межзерновых пор снизу вверх по разрезу, так и с тем, что остаточная седиментогенная пористость в песчаниках дополняется межпакетной пористостью перекристаллизации в каолинитовом цементе и внутризерновой и микрокаверновой пористостью выщелачивания обломков.

4. Определяющими факторами образования и сохранения поровой емкости коллектора в пласте являются условия седиментации, обусловившие положительную взаимосвязь между ФЕС коллекторов и параметрами гранулометрического состава.

Корректность сделанных выводов в ходе исследования подтверждается высокой сходимостью данных количественного гранулометрического и минералогического анализов шлифов с данными по измерению ФЕС пород и электрометрии скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черников О.А. Комплекс методов количественного изучения песчано-алевритовых пород в связи с оценкой их коллекторских свойств // В сб.: Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений. – М.: Наука, 1970. – С. 26–48.
2. Половинкина Ю.И. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических пород. – М.: Недра, 1966. – Т. 1. – 424 с. – Т. 2. – 779 с.
3. Недоливко Н.М. Влияние условий осадконакопления и постседиментационных преобразований на коллекторские свойства средневерхнеюрских отложений зоны сочленения Нюрольской впадины и Пудинского мегавала (Томская область): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Новосибирск, 2003. – 23 с.

УДК 550.831.05(571.1)